

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-103032
 (43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H04J 11/00

(21)Application number : 2000-009697

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 19.01.2000

(72)Inventor : MUNEDA SATOSHI
 MATSUMOTO YOICHI
 MOCHIZUKI NOBUAKI
 UMEHIRA MASAHIRO

(30)Priority

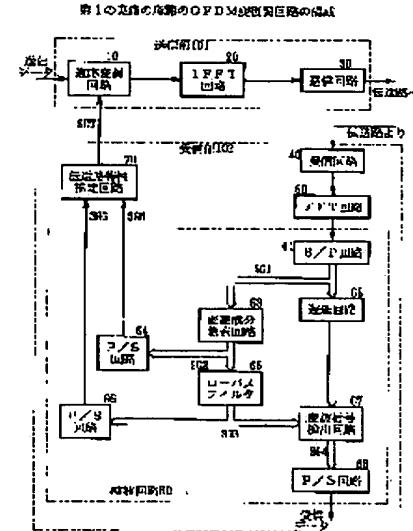
Priority number : 11209247 Priority date : 23.07.1999 Priority country : JP

(54) OFDM MODULATION AND DEMODULATION CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM modulation and demodulation circuit, in which the state of a transmission line can be estimated without adding an extra signal to a preamble signal the need for transmitting a request signal designating a modulation condition, etc., for every burst is precluded.

SOLUTION: This circuit is provided with a receiving circuit 40, a circuit 50 performing fast Fourier transformer on a baseband signal, a circuit 67 extracting received data from a plurality of signals of the fast Fourier transform output, a modulation component elimination circuit 63 which generates, as a 1st signal, a signal obtained by eliminating a modulation component from a plurality of separated signals in every frequency of the fast Fourier transform output in the preamble section of a received signal, a carrier signal generating circuit 65 which generates, as a 2nd signal, a carrier signal representing the amplitude and phase characteristics of the transmission line for each frequency from the plurality of separated signals for every frequency of the fast Fourier transform output in the preamble section of the received signal, and a transmission line characteristic estimation circuit 70, which estimates the characteristics of the transmission line on the basis of the 1st and 2nd signals and outputs a signal, showing modulation conditions that are suitable for the estimated characteristics of the transmission line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-103032
(P2001-103032A)

(43)公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51) Int.Cl. ' H 04 J 11/00

識別記号

FI
H04J 11/00

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数17 OL (全 24 頁)

(21)出願番号	特願2000-9697(P2000-9697)
(22)出願日	平成12年1月19日(2000.1.19)
(31)優先権主張番号	特願平11-209247
(32)優先日	平成11年7月23日(1999.7.23)
(33)優先権主張国	日本(JP)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(72) 発明者 宗田 哲志
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 松本 洋一
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(74) 代理人 100072718

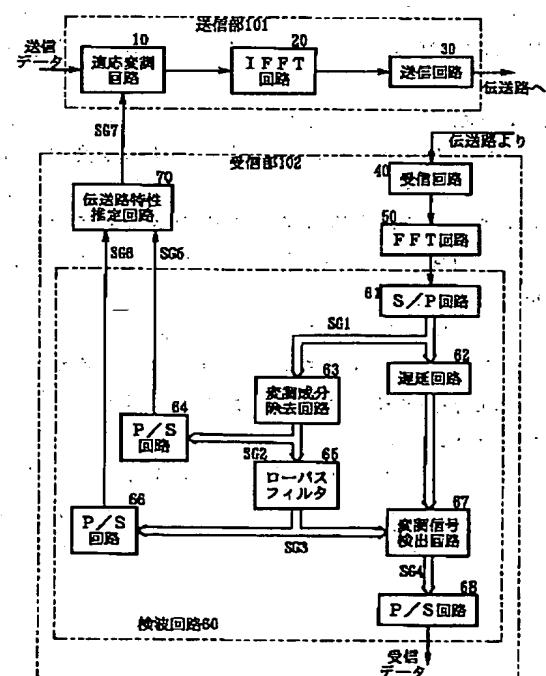
最終頁に鏡く

〔54〕【発明の名称】 OFDM変復調回路

(57) 【要約】

【課題】 本発明はOFDM変復調回路においてプリアンプ信号に余分な信号を追加することなく伝送路の状態を推定可能にし、変調条件を指定する要求信号などをバースト毎に送出する必要性をなくすることを目的とする。

【解決手段】 受信回路 40 とベースバンド信号を高速フーリエ変換する回路 50 と高速フーリエ変換出力の複数の信号から受信データを抽出する回路 67 と受信信号のプリアンブル区間で高速フーリエ変換出力の周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第 1 の信号として生成する変調成分除去回路 63 と受信信号のプリアンブル区間で高速フーリエ変換出力の周波数毎に分離された複数の信号から各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号を第 2 の信号として生成するキャリア信号生成回路 65 と前記第 1 の信号と第 2 の信号とに基づいて伝送路の特性を推定し推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を output する伝送路特性推定回路 70 とを設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するO F DM復調回路において、無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換する受信回路と、前記受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第1の信号として生成する変調成分除去回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号を第2の信号として生成するキャリア信号生成回路と、前記変調成分除去回路が生成した第1の信号と、前記キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路とを設けたことを特徴とするO F DM復調回路。

【請求項2】 同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するとともに、送信対象のデータを変調して出力するO F DM変復調回路において、無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換する受信回路と、前記受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第1の信号として生成する変調成分除去回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号を第2の信号として生成するキャリア信号生成回路と、前記変調成分除去回路が生成した第1の信号と、前記キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路とを設けたことを特徴とするO F DM復調回路。

キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路と、

変調方式、誤り訂正の符号化率及びシンボルレートの少なくとも1つが可変の変調回路を含み、前記伝送路特性推定回路が output する信号に従って決定した変調条件で送信対象のデータを変調する適応変調回路と、前記適応変調回路で変調された信号に対して逆高速フーリエ変換の処理を施す逆高速フーリエ変換回路と、前記逆高速フーリエ変換回路で処理された信号を無線周波数の信号に変換する送信回路とを設けたことを特徴とするO F DM変復調回路。

【請求項3】 請求項1のO F DM復調回路において、前記変調成分除去回路にはサブキャリア毎に既知のプリアンブル信号と受信信号との計算を行う逆変調手段を設け、前記キャリア信号生成回路には変調成分除去回路が output する第1の信号を複数のプリアンブルについて平滑化するフィルタ手段を設け、前記受信データ抽出回路にはキャリア信号生成回路の出力する第2の信号をキャリア信号として利用し受信信号を検波する同期検波手段を設けたことを特徴とするO F DM復調回路。

【請求項4】 請求項1のO F DM復調回路において、前記伝送路特性推定回路に、前記第2の信号の大きさ又は振幅をサブキャリア毎に計算して出力する振幅計算回路と、前記振幅計算回路が output する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア振幅総和回路と、前記振幅計算回路が output する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算して出力するサブキャリア間差分計算回路と、前記サブキャリア間差分計算回路が output する差分の信号の大きさ又は振幅を計算して出力する相関計算回路と、前記相関計算回路が output する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、前記各サブキャリア相関総和回路が output する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が output する信号で除算する第1の除算回路と、前記第1の信号と前記第2の信号との差分を計算して出力する受信信号-キャリア信号間差分計算回路と、前記受信信号-キャリア信号間差分計算回路が output する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する誤差計算回路と、前記誤差計算回路が output する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア誤差総和回路と、前記各サブキャリア振幅総和回路が output する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が output する信号で除算する第2の除算回路と、前記第1の除算回路が output する信号と第2の除算回路が output する信号とに従って検出された伝送路の特性に応じ

た信号を生成する変調制御信号生成回路とを設けたことを特徴とするO F DM復調回路。

【請求項5】 同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するO F DM復調回路において、

無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換し、プリアンブル区間でそのベースバンド信号を第1の信号として生成する受信回路と、

前記受信回路から出力される信号の雑音をプリアンブル区間のみ除去する雑音除去回路と、

前記雑音除去回路及び受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、

前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、

受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第2の信号として生成する変調成分除去回路と、

前記変調成分除去回路が生成した第2の信号と、前記受信回路が生成した第1の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路とを設けたことを特徴とするO F DM復調回路。

【請求項6】 同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するとともに、送信対象のデータを変調して出力するO F DM復調回路において、

無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換し、プリアンブル区間でそのベースバンド信号を第1の信号として生成する受信回路と、

前記受信回路から出力される信号の雑音をプリアンブル区間のみ除去する雑音除去回路と、

前記雑音除去回路及び受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、

前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、

受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第2の信号として生成する変調成分除去回路と、

前記変調成分除去回路が生成した第2の信号と、前記受信回路が生成した第1の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路と、

変調方式、誤り訂正の符号化率及びシンボルレートの少なくとも1つが可変の変調回路を含み、前記伝送路特性推定回路が outputする信号に従って決定した変調条件で送信対象のデータを変調する適応変調回路と、
前記適応変調回路で変調された信号に対して逆高速フーリエ変換の処理を施す逆高速フーリエ変換回路と、
前記逆高速フーリエ変換回路で処理された信号を無線周波数の信号に変換する送信回路とを設けたことを特徴とするO F DM変復調回路。

【請求項7】 請求項5のO F DM復調回路において、前記雑音除去回路には、プリアンブル区間で受信回路が outputする前記第1の信号を平滑化するフィルタ手段を設け、前記変調成分除去回路には、サブキャリア毎に既知のプリアンブル信号と前記雑音除去回路が outputした受信信号との計算を行う逆変調手段を設け、前記受信データ抽出回路には、前記変調成分除去回路の outputする前記第2の信号をキャリア信号として利用し受信信号を検波する同期検波手段を設けたことを特徴とするO F DM復調回路。

【請求項8】 請求項5のO F DM復調回路において、前記伝送路特性推定回路に、
前記第2の信号の大きさ又は振幅をサブキャリア毎に計算して出力する振幅計算回路と、
前記振幅計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア振幅総和回路と、
前記振幅計算回路が outputする信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算するサブキャリア間差分計算回路と、
前記サブキャリア間差分計算回路が outputする差分の信号の大きさ又は振幅を計算して出力する相関計算回路と、
前記相関計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、
前記各サブキャリア相関総和回路が outputする信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が outputする信号で除算する第1の除算回路と、

前記第1の信号を平均化する平均回路と、
前記第1の信号を前記平均回路の処理遅延分だけ遅延して出力する遅延回路と、
前記平均回路が outputする信号と、前記遅延回路が outputする信号との差分を計算する差分計算回路と、
前記差分計算回路が outputする信号の大きさ又は振幅を計算して出力する誤差計算回路と、
前記誤差計算回路が outputする信号をプリアンブル区間に加算する誤差総和回路と、
前記誤差総和回路が outputする信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が outputする信号で除算する第2の除算回路と、
前記第1の除算回路が outputする信号と第2の除算回路が outputする信号とに従って検出された伝送路の特性に応じた信号を生成する変調方式判定回路とを設けたことを特

徴とするOFDM復調回路。

【請求項9】 請求項1又は請求項5のOFDM復調回路において、

前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路及び前記変調成分除去回路並びに請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路が生成した前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に振幅が大きい方の信号を選択して出力するとともに、その選択状態を示す情報を出力する比較選択回路と、

前記比較選択回路が outputする信号の大きさ又は振幅を計算する振幅計算回路と、

前記振幅計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算しキャリア受信信号として出力する各サブキャリア振幅総和回路と、

前記振幅計算回路が outputする信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算するサブキャリア間差分計算回路と、

前記サブキャリア間差分計算回路が outputする差分の信号の大きさ又は振幅を計算する相関計算回路と、

前記相関計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、

前記各サブキャリア相関総和回路が outputする信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が outputする信号で除算する第1の除算回路とを設けたことを特徴とするOFDM復調回路。

【請求項10】 請求項1又は請求項5のOFDM復調回路において、

前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路及び前記変調成分除去回路並びに請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路が生成した前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に入力信号の大きさ又は振幅を加算する加算振幅計算回路と、

前記加算振幅計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算しキャリア受信信号として出力する各サブキャリア振幅総和回路と、

前記加算振幅計算回路が outputする信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算するサブキャリア間差分計算回路と、

前記サブキャリア間差分計算回路が outputする差分の信号の大きさ又は振幅を計算する相関計算回路と、

前記相関計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、

前記各サブキャリア相関総和回路が outputする信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が outputする信号で除算する第1の除算回路とを設けたことを特徴とするOFDM復調回路。

【請求項11】 請求項1のOFDM復調回路において、

前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に振幅が大きい方の信号を選択して出力するとともに、その選択状態を示す情報を出力する比較選択回路と、

前記変調成分除去回路が outputする複数の第1の信号を入力し、各サブキャリア毎に、前記比較選択回路の選択状態に従って1つの第1の信号を選択する選択回路と、

前記選択回路が outputする信号と前記比較選択回路が outputする信号との差分を計算する受信信号-キャリア信号間差分計算回路と、

前記受信信号-キャリア信号間差分計算回路が outputする信号の大きさ又は振幅を計算する誤差計算回路と、

前記誤差計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア誤差総和回路と、

前記各サブキャリア振幅総和回路が outputする信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が outputする信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とするOFDM復調回路。

【請求項12】 請求項1のOFDM復調回路において、

前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

複数の第1の信号及び第2の信号を入力し、対応するサブキャリア毎に前記第1の信号と第2の信号との差分を計算する複数の受信信号-キャリア信号間差分計算回路と、

前記複数の受信信号-キャリア信号間差分計算回路がそれぞれ出力する信号の大きさ又は振幅を計算する複数の誤差計算回路と、

前記複数の誤差計算回路が outputする信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア誤差総和回路と、

前記各サブキャリア振幅総和回路が outputする信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が outputする信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とするOFDM復調回路。

【請求項13】 請求項5のOFDM復調回路において、

前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

ータ抽出回路、前記変調成分除去回路及び前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

前記複数の雑音除去回路が生成した複数の第1の信号をそれぞれ平均化する複数の平均回路と、

前記複数の第1の信号を前記平均回路の処理遅延分だけ遅延して出力する複数の遅延回路と、

前記平均回路が出力する信号と、前記遅延回路が出力する信号との差分を計算する複数の差分計算回路と、

前記差分計算回路が出力する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する複数の誤差計算回路と、

前記誤差計算回路が出力する信号をプリアンブル区間で加算する複数の誤差総和回路と、

前記複数の誤差総和回路がそれぞれ出力する複数の信号の平均を計算する信号平均回路と、

前記信号平均回路が出力する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が出力する信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とするO FDM復調回路。

【請求項14】 請求項13のO FDM復調回路において、前記信号平均回路は複数の入力信号にそれぞれ重み付けを行った結果を加算してその平均を計算することを特徴とするO FDM復調回路。

【請求項15】 請求項5のO FDM復調回路において、

前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及び前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、

前記複数の雑音除去回路が生成した複数の第1の信号をそれぞれ平均化する複数の平均回路と、

前記複数の第1の信号を前記平均回路の処理遅延分だけ遅延して出力する複数の遅延回路と、

前記平均回路が出力する信号と、前記遅延回路が出力する信号との差分を計算する複数の差分計算回路と、

前記差分計算回路が出力する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する複数の誤差計算回路と、

前記誤差計算回路が出力する信号をプリアンブル区間で加算する複数の誤差総和回路と、

前記複数の誤差総和回路がそれぞれ出力する複数の信号の中から積算値が大きい1つの信号を選択する信号選択回路と、

前記信号選択回路が出力する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が出力する信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とするO FDM復調回路。

【請求項16】 請求項1又は請求項5のO FDM復調回路において、推定された伝送路の特性を表す空間を複数の領域に区分して、区分された各々の領域と変調条件との関連を示す情報を変換手段として前記伝送路特性推定回路に保持するとともに、前記空間における互いに隣接する複数の領域の境界部分に幅を有する中間領域を設

け、推定された伝送路の特性が前記中間領域内に位置する場合には、前記伝送路特性推定回路が前記中間領域に隣接する第1の領域に割り当てられた変調条件と、前記中間領域に隣接する第2の領域に割り当てられた変調条件との両者を時間の経過に応じて逐一的に選択することを特徴とするO FDM復調回路。

【請求項17】 請求項1又は請求項5のO FDM復調回路において、推定された伝送路の特性を表す空間を複数の領域に区分して、区分された各々の領域と変調条件との関連を示す情報を変換手段として前記伝送路特性推定回路に保持するとともに、前記空間における互いに隣接する複数の領域の境界部分に幅を有する中間領域を設け、推定された伝送路の特性が前記中間領域内に位置する場合には、それ以前の変調条件をそのまま維持することを特徴とするO FDM復調回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、デジタル無線通信で用いられる直交周波数多重(O FDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号を処理するO FDM変復調回路に関し、特に伝送速度を最大にするために伝送路環境に応じて送信信号の変調方式、シンボルレート、誤り訂正の符号化率などを変更する適応変調に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば陸上移動通信においては、伝送路環境が時間と共に絶えず変化する。このような環境下では、その時の伝送路環境に応じて伝送条件を変更することにより、データ伝送の実効速度を最大にことができる。すなわち、伝送路環境が悪い時には変調多値数、シンボルレート、誤り訂正の符号化率などを下げて伝送速度を低速化し、伝送路環境が良い時には変調多値数、シンボルレート、誤り訂正の符号化率などを上げて伝送速度を高速化する。このように伝送路環境に応じて変調条件を変更する技術は、適応変調方式と呼ばれている。

【0003】 従来より、移動体通信において各端末局(移動局)と無線基地局との間で伝送される信号は図15に示すように構成されている。図15において、フレームフォーマットの先頭に配置された信号B Cは下り回線の制御信号であり、それに続く信号B D(1)～B D(N1)はそれぞれ1番目～N1番目の各ユーザに対する下り回線のバーストであり、それに続く信号B U(1)～B U(N2)はそれぞれ1番目～N2番目の各ユーザに対する上り回線のバーストである。

【0004】 なお、下り回線の信号は基地局から端末局に向かって送信される信号であり、上り回線の信号は端末局から基地局に向かって送信される信号である。適応変調を行う場合には、図15に示すように各バーストの先頭にプリアンブル信号として時間領域で既知のP N(疑似雑音)信号が配置され、それに続いてデータ信号

(DATA) が配置される。

【0005】また、適応変調を実施する通信端末の変復調回路は図14に示すように構成される。この例では、シングルキャリア方式を用いる場合を想定している。図14に示す回路の動作について、以下に説明する。受信側では、伝送路から入力された受信信号が受信回路330でベースバンド信号に変換される。このベースバンド信号は、フェージング補償回路340及び伝送路特性推定回路320に入力される。

【0006】伝送路特性推定回路320は、プリアンブル区間で入力されたベースバンド信号から遅延プロファイルを計算する。すなわち、受信信号に含まれるプリアンブルが既知のPN信号であるので、伝送路特性推定回路320自身が保持している既知信号と受信信号とにに基づいて遅延プロファイルを計算する。

【0007】また、伝送路特性推定回路320は求めた遅延プロファイルから遅延スプレッド及びCNR (Carrier to Noise Ratio) を計算する。さらに、得られた遅延スプレッド及びCNRに従って変調条件を決定する。変調条件の決定は、例えば図16に示すような予め定められた変調制御チャートに基づいて行われる。この変調制御チャートは、一定の伝送品質を常に保つという拘束条件のもとで作成される。

【0008】この例では、遅延スプレッド及びCNRに対応する座標が属する領域の区分に応じて、変調条件が4種類の中から選択される。また、変調条件としてシンボルレート及び変調多値数が制御される。伝送路特性推定回路320は、決定したシンボルレート及び変調多値数に対応する制御信号を適応変調回路300に入力する。また、伝送路特性推定回路320は同時に受信信号を復調するために必要なキャリア信号をフェージング補償回路340に出力する。

【0009】フェージング補償回路340は、伝送路特性推定回路320から入力されるキャリア信号を用いて受信信号を復調する。送信側では、適応変調回路300が送信データを変調する。変調の条件であるシンボルレート及び変調多値数は、伝送路特性推定回路320が決定したシンボルレート及び変調多値数と一致するように制御される。適応変調回路300で変調された信号は、送信回路310で無線周波数に変換されて送信される。

【0010】上記従来技術は、次の文献に開示されている「松岡、上、三瓶、森永、『シンボルレート・変調多値数可変適応変調方式の伝送特性解析』、信学技報、RCS94-64」。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、適応変調方式を採用した変復調回路を用いる場合には、伝送路の特性の変動に応じた望ましい変調方式やシンボルレートを自動的に選択することが可能である。

【0012】ところで、ディジタル無線通信で用いられ

るOFDM方式は、マルチパスフェージングの障害を受けにくいことが知られている。このOFDM方式の変調を行う変復調回路において上記のような適応変調方式を採用しようとすると、次に説明するような問題が生じる。OFDM方式の場合、互いに周波数が異なる多数のサブキャリアを同時に使用するので、キャリア推定等に使用されるプリアンブル信号には周波数領域で既知の信号を用いる必要がある。

【0013】一方、従来の適応変調方式を実現するためには、伝送路の推定のために、時間領域で既知の信号をプリアンブル信号として用いる必要がある。従って、OFDM方式に従来の適応変調方式を採用するためには、伝送する信号に周波数領域で既知のプリアンブル信号と時間領域で既知のプリアンブル信号との両方を挿入する必要がある。

【0014】このように余分なプリアンブル信号を挿入すると、伝送効率の低下は避けられない。また、既存のシステムについては時間領域のプリアンブル信号を加えることができないので、適応変調方式を採用できない。また、送信電力制御等で上り回線と下り回線とが非対称の場合には、端末局で決定した変調方式の信号を基地局が端末局に対して送信するように、端末局から基地局に対して変調方式を指定するための要求信号を送信する必要がある。このような要求信号をバースト毎に送信すると、伝送効率が低下してしまう。

【0015】また、最適な変調方式等が一意的に決定できない環境にある場合には、バースト毎に変調方式等が変更されるため、変復調部以外の部分(スケジューラ等)に負担がかかる。

【0016】本発明は、OFDM変復調回路において、キャリア推定等に使用されるOFDMのプリアンブル信号に余分な信号を追加することなしに伝送路の状態を推定可能にするとともに、変調条件を指定するための要求信号などをバースト毎に送出する必要性をなくし、変調方式の変更回数を可能な限り減少させることを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1は、同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するOFDM復調回路において、無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換する受信回路と、前記受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第1の信号として生成する変調成分除去回

路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号を第2の信号として生成するキャリア信号生成回路と、前記変調成分除去回路が生成した第1の信号と、前記キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路とを設けたことを特徴とする。

【0018】請求項1では、変調成分除去回路は受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第1の信号として生成する。また、キャリア信号生成回路は受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号を第2の信号として生成する。さらに、伝送路特性推定回路は前記変調成分除去回路が生成した第1の信号と、前記キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する。

【0019】プリアンブル区間の信号が周波数領域で既知の信号であっても、その既知信号を用いて変調成分を除去した第1の信号を得ることができる。また、例えば前記第1の信号をサブキャリアの周波数毎に平滑化すると、各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号(第2の信号)を得ることができる。伝送路特性推定回路は前記第1の信号と第2の信号とに基づいて伝送路の特性を推定するので、時間領域で既知のプリアンブル信号を必要としない。

【0020】従って、時間領域で既知のプリアンブル信号をバースト毎に伝送する必要がなく、伝送効率の低下が防止される。また、プリアンブル信号を変更する必要がないので、OFDM信号を扱う既存のシステムについても適応変調の機能を追加することが可能である。請求項2は、同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するとともに、送信対象のデータを変調して出力するOFDM変復調回路において、無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換する受信回路と、前記受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第1の信号として生成する変調成分除去回路と、受信信号のプリアンブル区間で、

前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から各周波数に対する伝送路の振幅特性及び位相特性を表すキャリア信号を第2の信号として生成するキャリア信号生成回路と、前記変調成分除去回路が生成した第1の信号と、前記キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路と、変調方式、誤り訂正の符号化率及びシンボルレートの少なくとも1つが可変の変調回路を含み、前記伝送路特性推定回路が出力する信号に従って決定した変調条件で送信対象のデータを変調する適応変調回路と、前記適応変調回路で変調された信号に対して逆高速フーリエ変換の処理を施す逆高速フーリエ変換回路と、前記逆高速フーリエ変換回路で処理された信号を無線周波数の信号に変換する送信回路とを設けたことを特徴とする。

【0021】請求項2では、請求項1と同様に伝送路特性推定回路は前記変調成分除去回路が生成した第1の信号と、前記キャリア信号生成回路が生成した第2の信号とに基づいて伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する。また、適応変調回路は前記伝送路特性推定回路が出力する信号に従って決定した変調条件で送信対象のデータを変調する。逆高速フーリエ変換回路は、前記適応変調回路で変調された信号に対して逆高速フーリエ変換の処理を施す。送信回路は、前記逆高速フーリエ変換回路で処理された信号を無線周波数の信号に変換する。

【0022】つまり、請求項2では受信側で検出した伝送路の特性に適した変調を自動的に行って送信することになる。従って、このOFDM変復調回路を例えば基地局と端末局の双方に設ける場合には、基地局と端末局との間で変調方式を指定するための要求信号を伝送する必要がなく、伝送効率の低下を避けることができる。請求項3は、請求項1のOFDM復調回路において、前記変調成分除去回路にはサブキャリア毎に既知のプリアンブル信号と受信信号との計算を行なう逆変調手段を設け、前記キャリア信号生成回路には変調成分除去回路が出力する第1の信号を複数のプリアンブルについて平滑化するフィルタ手段を設け、前記受信データ抽出回路にはキャリア信号生成回路の出力する第2の信号をキャリア信号として利用し受信信号を検波する同期検波手段を設けたことを特徴とする。

【0023】請求項3では、前記変調成分除去回路がサブキャリア毎に既知のプリアンブル信号と受信信号との計算を行なって受信信号を逆変調し変調成分の除去された第1の信号を生成する。また、キャリア信号生成回路は変調成分除去回路が出力する第1の信号を複数のプリアンブルについて平滑化し第2の信号を生成する。さらに、受信データ抽出回路はキャリア信号生成回路の出力する第2の信号をキャリア信号として利用し同期検波を

行う。

【0024】従って、同期検波のために必要なキャリア信号を生成する回路と、伝送路の推定のために必要な信号を生成する回路とを共用できるので、回路構成が複雑になるのを防止できる。請求項4は、請求項1のOFDM復調回路において、前記伝送路特性推定回路に、前記第2の信号の大きさ又は振幅をサブキャリア毎に計算して出力する振幅計算回路と、前記振幅計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア振幅総和回路と、前記振幅計算回路が输出する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算して出力するサブキャリア間差分計算回路と、前記サブキャリア間差分計算回路が输出する差分の信号の大きさ又は振幅を計算して出力する相関計算回路と、前記相関計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、前記各サブキャリア相関総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号で除算する第1の除算回路と、前記第1の信号と前記第2の信号との差分を計算して出力する受信信号一キャリア信号間差分計算回路と、前記受信信号一キャリア信号間差分計算回路が输出する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する誤差計算回路と、前記誤差計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア誤差総和回路と、前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する第2の除算回路と、前記第1の除算回路が输出する信号と第2の除算回路が输出する信号とに従って検出された伝送路の特性に応じた信号を生成する変調制御信号生成回路とを設けたことを特徴とする。

【0025】請求項4では、振幅計算回路は絶対値の計算あるいは二乗計算により前記第2の信号の大きさ又は振幅をサブキャリア毎に計算して出力する。また、各サブキャリア振幅総和回路は前記振幅計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算し総和を求める。サブキャリア間差分計算回路は、前記振幅計算回路が输出する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算して出力する。

【0026】また、相関計算回路は絶対値の計算あるいは二乗計算により前記サブキャリア間差分計算回路が输出する差分の信号の大きさ又は振幅を計算して出力する。各サブキャリア相関総和回路は、前記相関計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算し総和を求める。第1の除算回路は、前記各サブキャリア相関総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号で除算する。

【0027】さらに、受信信号一キャリア信号間差分計算回路は前記第1の信号と前記第2の信号との差分を計算して出力する。誤差計算回路は、前記受信信号一キャリア信号間差分計算回路が输出する信号の大きさ又は振

幅を計算して出力する。各サブキャリア誤差総和回路は、前記誤差計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算し総和を求める。第2の除算回路は、前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する。変調制御信号生成回路は、前記第1の除算回路が输出する信号と第2の除算回路が输出する信号とに従って検出された伝送路の特性に応じた信号を生成する。

【0028】請求項5は、同一の既知のプリアンブル信号が少なくとも2回現れる直交周波数多重信号を入力し、入力した信号からそれに含まれる受信データを検出するOFDM復調回路において、無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換し、プリアンブル区間でそのベースバンド信号を第1の信号として生成する受信回路と、前記受信回路から出力される信号の雑音をプリアンブル区間のみ除去する雑音除去回路と、前記雑音除去回路及び受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第2の信号として生成する変調成分除去回路と、前記変調成分除去回路が生成した第2の信号と、前記受信回路が生成した第1の信号に基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路とを設けたことを特徴とする。

【0029】請求項5では、受信回路は無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換し、プリアンブル区間ではそのベースバンド信号を第1の信号として生成する。また、雑音除去回路は前記受信回路から出力される信号の雑音をプリアンブル区間のみ除去する。高速フーリエ変換回路は、前記雑音除去回路及び受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する。受信データ抽出回路は、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する。

【0030】さらに、変調成分除去回路は受信信号のプリアンブル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第2の信号として生成する。伝送路特性推定回路は、前記変調成分除去回路が生成した第2の信号と、前記受信回路が生成した第1の信号に基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する。

【0031】請求項6は、無線周波数の受信信号をベースバンド信号に変換し、プリアンブル区間でそのベースバンド信号を第1の信号として生成する受信回路と、前

記受信回路から出力される信号の雑音をプリアンプル区間のみ除去する雑音除去回路と、前記雑音除去回路及び受信回路から出力されるベースバンド信号をシリアル・パラレル変換した後で高速フーリエ変換する高速フーリエ変換回路と、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から受信データを抽出する受信データ抽出回路と、受信信号のプリアンプル区間で、前記高速フーリエ変換回路から出力される周波数毎に分離された複数の信号から変調成分を除去した信号を第2の信号として生成する変調成分除去回路と、前記変調成分除去回路が生成した第2の信号と、前記受信回路が生成した第1の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する伝送路特性推定回路と、変調方式、誤り訂正の符号化率及びシンボルレートの少なくとも1つが可変の変調回路を含み、前記伝送路特性推定回路が输出する信号に従って決定した変調条件で送信対象のデータを変調する適応変調回路と、前記適応変調回路で変調された信号に対して逆高速フーリエ変換の処理を施す逆高速フーリエ変換回路と、前記逆高速フーリエ変換回路で処理された信号を無線周波数の信号に変換する送信回路とを設けたことを特徴とする。

【0032】請求項6では、請求項5と同様に伝送路特性推定回路は前記変調成分除去回路が生成した第2の信号と、前記受信回路が生成した第1の信号とに基づいて、伝送路の特性を推定し、推定された伝送路の特性に適した変調条件を示す信号を出力する。また、適応変調回路は前記伝送路特性推定回路が输出する信号に従って決定した変調条件で送信対象のデータを変調する。

【0033】また、逆高速フーリエ変換回路は、前記適応変調回路で変調された信号に対して逆高速フーリエ変換の処理を施す。送信回路は、前記逆高速フーリエ変換回路で処理された信号を無線周波数の信号に変換する。つまり、請求項6では受信側で検出した伝送路の特性に適した変調を自動的に行って送信することになる。従って、このOFDM変復調回路を例えば基地局と端末局の双方に設ける場合には、基地局と端末局との間で変調方式を指定するための要求信号を伝送する必要がなく、伝送効率の低下を避けることができる。

【0034】請求項7は、請求項5のOFDM復調回路において、前記雑音除去回路には、プリアンプル区間で受信回路が输出する前記第1の信号を平滑化するフィルタ手段を設け、前記変調成分除去回路には、サブキャリア毎に既知のプリアンプル信号と前記雑音除去回路が输出した受信信号との計算を行う逆変調手段を設け、前記受信データ抽出回路には、前記変調成分除去回路の出力する前記第2の信号をキャリア信号として利用し受信信号を検波する同期検波手段を設けたことを特徴とする。

【0035】請求項7では、プリアンプル区間では、受信回路が输出する前記第1の信号をフィルタ手段が平滑

化してプリアンプルを抽出する。逆変調手段は、サブキャリア毎に既知のプリアンプル信号と前記雑音除去回路が输出した受信信号との計算を行って変調成分を除去する。同期検波手段は、前記変調成分除去回路の出力する前記第2の信号をキャリア信号として利用し受信信号を検波する。

【0036】請求項8は、請求項5のOFDM復調回路において、前記伝送路特性推定回路に、前記第2の信号の大きさ又は振幅をサブキャリア毎に計算して出力する振幅計算回路と、前記振幅計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア振幅総和回路と、前記振幅計算回路が输出する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算するサブキャリア間差分計算回路と、前記サブキャリア間差分計算回路が输出する差分の信号の大きさ又は振幅を計算して出力する相関計算回路と、前記相関計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、前記各サブキャリア相関総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号で除算する第1の除算回路と、前記第1の信号を平均化する平均回路と、前記第1の信号を前記平均回路の処理遅延分だけ遅延して出力する遅延回路と、前記平均回路が输出する信号と、前記遅延回路が输出する信号との差分を計算する差分計算回路と、前記差分計算回路が输出する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する誤差計算回路と、前記誤差計算回路が输出する信号をプリアンプル区間で加算する誤差総和回路と、前記誤差総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する第2の除算回路と、前記第1の除算回路が输出する信号と第2の除算回路が输出する信号とに従って検出された伝送路の特性に応じた信号を生成する変調方式判定回路とを設けたことを特徴とする。

【0037】請求項8では、振幅計算回路は、前記第2の信号の大きさ又は振幅をサブキャリア毎に計算して出力する。各サブキャリア振幅総和回路は、前記振幅計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する。サブキャリア間差分計算回路は、前記振幅計算回路が输出する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算する。

【0038】また、相関計算回路は前記サブキャリア間差分計算回路が输出する差分の信号の大きさ又は振幅を計算して出力する。各サブキャリア相関総和回路は、前記相関計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する。第1の除算回路は、前記各サブキャリア相関総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号で除算する。

【0039】さらに、平均回路は前記第1の信号を平均化する。遅延回路は、前記第1の信号を前記平均回路の処理遅延分だけ遅延して出力する。差分計算回路は、前

記平均回路が出力する信号と、前記遅延回路が出力する信号との差分を計算する。誤差計算回路は、前記差分計算回路が出力する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する。誤差総和回路は、前記誤差計算回路が出力する信号をプリアンブル区間で加算する。

【0040】第2の除算回路は、前記誤差総和回路が出力する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が出力する信号で除算する。変調方式判定回路は、前記第1の除算回路が出力する信号と第2の除算回路が出力する信号とに従って検出された伝送路の特性に応じた信号を生成する。請求項9は、請求項1又は請求項5のOFDM復調回路において、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路及び前記変調成分除去回路並びに請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路が生成した前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に振幅が大きい方の信号を選択して出力するとともに、その選択状態を示す情報を出力する比較選択回路と、前記比較選択回路が出力する信号の大きさ又は振幅を計算する振幅計算回路と、前記振幅計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算しキャリア受信信号として出力する各サブキャリア振幅総和回路と、前記振幅計算回路が出力する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算するサブキャリア間差分計算回路と、前記サブキャリア間差分計算回路が出力する差分の信号の大きさ又は振幅を計算する相関計算回路と、前記相関計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、前記各サブキャリア相関総和回路が出力する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が出力する信号で除算する第1の除算回路とを設けたことを特徴とする。

【0041】請求項9では、複数の受信系が備わっているため、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路及び前記変調成分除去回路並びに請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けてある。比較選択回路は、請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路が生成した前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に振幅が大きい方の信号を選択して出力するとともに、その選択状態を示す情報を出力する。振幅計算回路は、前記比較選択回路が出力する信号の大きさ又は振幅を計算する。各サブキャリア振幅総和回路は、前記振幅計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算しキャリア受信信号として出力する。

【0042】サブキャリア間差分計算回路は、前記振幅計算回路が出力する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算する。相関計算回路

は、前記サブキャリア間差分計算回路が出力する差分の信号の大きさ又は振幅を計算する。各サブキャリア相関総和回路は、前記相関計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算する。第1の除算回路は、前記各サブキャリア相関総和回路が出力する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が出力する信号で除算する。

【0043】請求項10は、請求項1又は請求項5のOFDM復調回路において、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路及び前記変調成分除去回路並びに請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路が生成した前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に入力信号の大きさ又は振幅を加算する加算振幅計算回路と、前記加算振幅計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算しキャリア受信信号として出力する各サブキャリア振幅総和回路と、前記加算振幅計算回路が出力する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算するサブキャリア間差分計算回路と、前記サブキャリア間差分計算回路が出力する差分の信号の大きさ又は振幅を計算する相関計算回路と、前記相関計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア相関総和回路と、前記各サブキャリア相関総和回路が出力する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が出力する信号で除算する第1の除算回路とを設けたことを特徴とする。

【0044】請求項10では、複数の受信系が備わっているため、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路及び前記変調成分除去回路並びに請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けてある。加算振幅計算回路は、請求項1のキャリア信号生成回路又は請求項5の前記雑音除去回路が生成した前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に入力信号の大きさ又は振幅を加算する。各サブキャリア振幅総和回路は、前記加算振幅計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算しキャリア受信信号として出力する。サブキャリア間差分計算回路は、前記加算振幅計算回路が出力する信号を入力し、互いに隣接するサブキャリアの信号振幅の差分を計算する。

【0045】また、相関計算回路は前記サブキャリア間差分計算回路が出力する差分の信号の大きさ又は振幅を計算する。各サブキャリア相関総和回路は、前記相関計算回路が出力する信号を全てのサブキャリアについて加算する。第1の除算回路は、前記各サブキャリア相関総和回路が出力する信号を前記各サブキャリア振幅総和回路が出力する信号で除算する。

【0046】請求項11は、請求項1のOFDM復調回路において、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回

路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に振幅が大きい方の信号を選択して出力するとともに、その選択状態を示す情報を出力する比較選択回路と、前記変調成分除去回路が输出する複数の第1の信号を入力し、各サブキャリア毎に、前記比較選択回路の選択状態に従って1つの第1の信号を選択する選択回路と、前記選択回路が输出する信号と前記比較選択回路が输出する信号との差分を計算する受信信号一キャリア信号間差分計算回路と、前記受信信号一キャリア信号間差分計算回路が输出する信号の大きさ又は振幅を計算する誤差計算回路と、前記誤差計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア誤差総和回路と、前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とする。

【0047】請求項11では、複数の受信系が備わっているため、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けてある。比較選択回路は、前記第2の信号を複数入力し、各サブキャリア毎に振幅が大きい方の信号を選択して出力するとともに、その選択状態を示す情報を出力する。

【0048】選択回路は、前記変調成分除去回路が输出する複数の第1の信号を入力し、各サブキャリア毎に、前記比較選択回路の選択状態に従って1つの第1の信号を選択する。受信信号一キャリア信号間差分計算回路は、前記選択回路が输出する信号と前記比較選択回路が输出する信号との差分を計算する。誤差計算回路は、前記受信信号一キャリア信号間差分計算回路が输出する信号の大きさ又は振幅を計算する。各サブキャリア誤差総和回路は、前記誤差計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する。第2の除算回路は、前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する。

【0049】請求項12は、請求項1のOFDM復調回路において、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、複数の第1の信号及び第2の信号を入力し、対応するサブキャリア毎に前記第1の信号と第2の信号との差分を計算する複数の受信信号一キャリア信号間差分計算回路と、前記複数の受信信号一キャリア信号間差分計算回路がそれぞれ出力する信号の大きさ又は振幅を計算する複数の誤差計算回路と、前記複数の誤差計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する各サブキャリア誤差総和回路と、前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号を

前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とする。

【0050】請求項1-2では、複数の受信系が備わっているため、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及びキャリア信号生成回路をそれぞれ複数設けてある。また、受信信号一キャリア信号間差分計算回路及び誤差計算回路も複数設けてある。各サブキャリア誤差総和回路は、前記複数の誤差計算回路が输出する信号を全てのサブキャリアについて加算する。第2の除算回路は、前記各サブキャリア振幅総和回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する。

【0051】請求項13は、請求項5のOFDM復調回路において、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及び前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、前記複数の雑音除去回路が生成した複数の第1の信号をそれぞれ平均化する複数の平均回路と、前記複数の第1の信号を前記平均回路の処理遅延分だけ遅延して出力する複数の遅延回路と、前記平均回路が输出する信号と、前記遅延回路が输出する信号との差分を計算する複数の差分計算回路と、前記差分計算回路が输出する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する複数の誤差計算回路と、前記誤差計算回路が输出する信号をプリアンブル区間で加算する複数の誤差総和回路と、前記複数の誤差総和回路がそれぞれ出力する複数の信号の平均を計算する信号平均回路と、前記信号平均回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とする。

【0052】請求項13では、複数の受信系が備わっているため、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及び前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けてある。また、平均回路、遅延回路、差分計算回路、誤差計算回路及び誤差総和回路もそれぞれ複数設けてある。信号平均回路は、前記複数の誤差総和回路がそれぞれ出力する複数の信号の平均を計算する。第2の除算回路は、前記信号平均回路が输出する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が输出する信号で除算する。

【0053】請求項14は、請求項13のOFDM復調回路において、前記信号平均回路は複数の入力信号にそれぞれ重み付けを行った結果を加算してその平均を計算することを特徴とする。請求項15は、請求項5のOFDM復調回路において、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及び前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けるとともに、前記伝送路特性推定回路に、前記複数の雑音除去回路が生成した複数の第1の信号をそれぞれ平均化する複数の平均回路と、前記複数の第1の信号を前記平均回

路の処理遅延分だけ遅延して出力する複数の遅延回路と、前記平均回路が出力する信号と、前記遅延回路が出力する信号との差分を計算する複数の差分計算回路と、前記差分計算回路が出力する信号の大きさ又は振幅を計算して出力する複数の誤差計算回路と、前記誤差計算回路が出力する信号をプリアンブル区間で加算する複数の誤差総和回路と、前記複数の誤差総和回路がそれぞれ出力する複数の信号の中から積算値が大きい1つの信号を選択する信号選択回路と、前記信号選択回路が出力する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が出力する信号で除算する第2の除算回路とを設けたことを特徴とする。

【0054】請求項15では、複数の受信系が備わっているため、前記受信回路、前記高速フーリエ変換回路、前記受信データ抽出回路、前記変調成分除去回路及び前記雑音除去回路をそれぞれ複数設けてある。また、平均回路、遅延回路、差分計算回路、誤差計算回路及び誤差総和回路もそれぞれ複数設けてある。信号選択回路は、前記複数の誤差総和回路がそれぞれ出力する複数の信号の中から積算値が大きい1つの信号を選択する。第2の除算回路は、前記信号選択回路が出力する信号を前記各サブキャリア誤差総和回路が出力する信号で除算する。

【0055】請求項16は、請求項1又は請求項5のOFDM復調回路において、推定された伝送路の特性を表す空間を複数の領域に区分して、区分された各々の領域と変調条件との関連を示す情報を変換手段として前記伝送路特性推定回路に保持するとともに、前記空間における互いに隣接する複数の領域の境界部分に幅を有する中間領域を設け、推定された伝送路の特性が前記中間領域内に位置する場合には、前記伝送路特性推定回路が前記中間領域に隣接する第1の領域に割り当てられた変調条件と、前記中間領域に隣接する第2の領域に割り当てられた変調条件との両者を時間の経過に応じて択一的に選択することを特徴とする。

【0056】請求項16では、推定された伝送路の特性を表す空間上の分割された各領域と変調条件との相関を示す情報が伝送路特性推定回路に保持されている。また、互いに隣接する複数の領域の境界部分には、幅を有する中間領域が設けてある。この中間領域が存在しない場合、推定した伝送路の特性が分割された複数の領域の境界を横切って変化すると、送信側の変調条件もすぐに変化する可能性がある。しかし、伝送路の特性変化が一時的なものである場合、送信側の変調条件の切り替えは無駄になり、再び元の変調条件に戻す必要がある。

【0057】隣接する領域の間に中間領域を設けて、中間領域では互いに隣接する第1の領域及び第2の領域の変調条件を時間の経過に応じて択一的に選択することにより、無駄な変調条件の切り替えが生じにくくなる。請求項17は、請求項1又は請求項5のOFDM復調回路において、推定された伝送路の特性を表す空間を複数の

領域に区分して、区分された各々の領域と変調条件との関連を示す情報を変換手段として前記伝送路特性推定回路に保持するとともに、前記空間における互いに隣接する複数の領域の境界部分に幅を有する中間領域を設け、推定された伝送路の特性が前記中間領域内に位置する場合には、それ以前の変調条件をそのまま維持することを特徴とする。

【0058】中間領域でそれ以前の変調条件をそのまま維持することにより、無駄な変調条件の切り替えが生じにくくなる。

【0059】

【発明の実施の形態】(第1の実施の形態) 本発明のOFDM変復調回路の1つの実施の形態について図1～図5を参照して説明する。この形態は請求項1～請求項4、請求項16及び請求項17に対応する。

【0060】図1はこの形態のOFDM変復調回路の構成を示すブロック図である。図2はこの形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。図3はこの形態の実施の形態の信号の構成を示すタイムチャートである。図4は伝送路の特性と変調条件との対応(1)を示す変調制御チャートである。図5は伝送路の特性と変調条件との対応(2)を示す変調制御チャートである。

【0061】この形態では、請求項1及び請求項2の受信回路、高速フーリエ変換回路、受信データ抽出回路、変調成分除去回路、キャリア信号生成回路及び伝送路特性推定回路は、それぞれ受信回路40、FFT回路50、変調信号検出回路67、変調成分除去回路63、ローパスフィルタ65及び伝送路特性推定回路70に対応する。また、請求項2の適応変調回路、逆高速フーリエ変換回路及び送信回路は、それぞれ適応変調回路10、IFFT回路20及び送信回路30に対応する。

【0062】また、請求項4の振幅計算回路、各サブキャリア振幅総和回路、サブキャリア間差分計算回路、相関計算回路、各サブキャリア相関総和回路、第1の除算回路、受信信号一キャリア信号間差分計算回路、誤差計算回路、各サブキャリア誤差総和回路、第2の除算回路及び変調制御信号生成回路は、それぞれ振幅計算回路72、各サブキャリア振幅総和回路74、サブキャリア間差分計算回路73、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76、除算回路77、受信信号一キャリア信号間差分計算回路83、誤差計算回路84、各サブキャリア誤差総和回路85、除算回路86及び変調制御信号生成回路87に対応する。

【0063】この例では、図1に示すOFDM変復調回路を備える通信端末が図3に示すような構成のOFDM信号を用いて無線基地局との間で無線通信を行う場合を想定している。また、基地局側にも図1と同じ構成の送信部101及び受信部102が備わっている。但し、上り回線と下り回線とが対称になっている場合などは、図1に示すような送信部101及び受信部102を基地局

及び移動局(通信端末)のいずれか一方だけに設けてよい。

【0064】図3において、フレームフォーマットの先頭に配置された信号B Cは下り回線の制御信号であり、それに続く信号B D(1)～B D(N1)はそれぞれ1番目～N1番目の各ユーザ(通信端末)に対する下り回線のバーストであり、それに続く信号B U(1)～B U(N2)はそれぞれ1番目～N2番目の各ユーザに対する上り回線のバーストである。

【0065】なお、下り回線の信号は基地局から通信端末に向かって送信される信号であり、上り回線の信号は通信端末から基地局に向かって送信される信号である。この例では、図3に示すように各バーストの先頭部分にそれぞれ1OFDMシンボルの長さを有する2つのプリアンブルP R Eが、2OFDMシンボルにわたって連続的に配置されている。これらのプリアンブルP R Eは周波数領域で既知の信号である。また、2つのプリアンブルP R Eは同一の信号である。

【0066】さらに、最初のプリアンブルについてはその前にガードインターバルG Iが付加されている。また、これらのプリアンブルP R Eに続いて、バーストにはガードインターバルG IとデータD A T Aとで構成されるOFDMシンボルが繰り返し現れる。図1を参照すると、送信部101には適応変調回路10、I F F T回路20及び送信回路30が備わっている。適応変調回路10は、入力される送信データを変調して変調信号を出力する。適応変調回路10は様々な変調条件で変調することができる。

【0067】例えば、変調方式としてB P S K、Q P S K、16QAM、64QAM等を選択することができる。また、疊み込み符号を用いる場合には、変調の際の符号化率として1/2、3/4等を選択することができる。もちろん、シンボルレートのような他の変調条件を選択できるように適応変調回路10の構成を変更してもよい。

【0068】この例では、適応変調回路10は受信部102から出力される制御信号S G 7に従って変調条件を決定する。制御信号S G 7が変化した場合には、次の送出開始タイミング(次フレーム)から変化後の変調条件に変更する。

【0069】適応変調回路10で変調された信号は、I F F T回路20に入力され、逆フーリエ変換される。I F F T回路20で逆フーリエ変換された信号は、送信回路30に入力されてガードインターバルの付加処理などを施された後、無線周波数に変換されて電波として伝送路に送信される。一方、受信部102には受信回路40、F F T回路50、検波回路60及び伝送路特性推定回路70が備わっている。

【0070】伝送路から電波として入力される信号は、受信回路40で受信され、ベースバンド信号に変換され

て受信回路40から出力される。また、受信回路40はベースバンド信号に対してガードインターバルの除去等の処理を施す。受信回路40から出力されるベースバンド信号は、F F T回路50でフーリエ変換された後、検波回路60で検波され、受信データとして出力される。

【0071】検波回路60には、S/P回路61、遅延回路62、変調成分除去回路63、P/S回路64、ローパスフィルタ65、P/S回路66、変調信号検出回路67及びP/S回路68が備わっている。S/P回路61は、多数のサブキャリアの信号が時系列で並んだシリアル信号をF F T回路50から入力してサブキャリア毎に分離されたパラレル信号を生成するために、シリアル・パラレル変換を行う。

【0072】S/P回路61から出力されるサブキャリア毎のパラレル信号は、遅延回路62及び変調成分除去回路63に入力される。また、遅延回路62で遅延された信号は変調信号検出回路67に入力される。変調信号検出回路67は、遅延回路62から出力される信号を、ローパスフィルタ65から出力されるキャリア信号S G 3を用いてサブキャリア毎に同期検波する。

【0073】ローパスフィルタ65から出力されるキャリア信号S G 3の時間遅れを補償するために、遅延回路62が備わっている。変調信号検出回路67で検波されたパラレル信号S G 4は、P/S回路68でパラレル・シリアル変換され時系列に並んだシリアル信号の形態で受信データとして出力される。変調成分除去回路63は、受信信号にプリアンブルP R Eが現れる区間でS/P回路61が出力する信号S G 1を入力し、変調成分を除去した信号S G 2を生成する。具体的には、変調成分除去回路63が予め保持している既知信号(プリアンブルP R Eと同じ信号)を用いてサブキャリアの成分毎に受信信号の逆変調を行う。逆変調によって、変調成分が除去された信号S G 2が得られる。

【0074】ここで、既知信号のn番目のサブキャリアの成分をd(n)で表し、受信信号であるS G 1のi番目のプリアンブルのn番目のサブキャリアの成分をS G 1(i, n)で表すと、変調成分を除去された信号のi番目のプリアンブルのn番目のサブキャリアの成分S G 2(i, n)は次式で表される。

$$S G 2(i, n) = (S G 1(i, n) \cdot d(n)^*) / |d(n)|^2$$

但し、

$$i = 1 \sim 2,$$

$$n = 1 \sim N,$$

N:受信したOFDM信号のサブキャリア数,

*:複素共役

変調成分除去回路63が出力する信号S G 2は、P/S回路64及びローパスフィルタ65に入力される。

【0075】ローパスフィルタ65は、信号S G 2に含まれる雑音成分を低減するために、信号の平滑化を行う。実際には、最初に現れるプリアンブルと2番目に現

れるプリアンブルとをそれぞれのサブキャリアについて平均化する。つまり、ローパスフィルタ65から出力されるn番目のサブキャリアの信号成分SG3(n)は次式で表される。

【0076】

$$SG3(n) = (SG2(1, n) + SG2(2, n)) / 2$$

但し、 $n = 1 \sim N$

ローパスフィルタ65から出力される信号SG3は、変調成分を含まないN組のキャリア信号である。このキャリア信号SG3が同期検波のために変調信号検出回路67に印加される。また、キャリア信号SG3はP/S回路66にも入力される。

【0077】P/S回路64は、サブキャリア毎に独立しているN組の並列信号SG2をパラレル・シリアル変換によって時系列で並んだシリアル信号SG5に変換する。同様に、P/S回路66はサブキャリア毎に独立しているN組の並列信号SG3をパラレル・シリアル変換によって時系列で並んだシリアル信号SG6に変換する。これらのシリアル信号SG5, SG6が、伝送路特性推定回路70に印加される。

【0078】伝送路特性推定回路70は、上記のように受信信号のプリアンブル区間の成分から生成された信号SG5, SG6に基づいて伝送路の特性を推定し、推定した特性に適した変調条件を選択する。図1の伝送路特性推定回路70は、実際には図2のように構成されている。図2を参照すると、この伝送路特性推定回路70にはS/P回路71, 振幅計算回路72, サブキャリア間差分計算回路73, 各サブキャリア振幅総和回路74, 相関計算回路75, 各サブキャリア相関総和回路76, 除算回路77, S/P回路81, 受信信号-キャリア信号間差分計算回路83, 誤差計算回路84, 各サブキャリア誤差総和回路85, 除算回路86及び変調制御信号生成回路87が備わっている。

【0079】S/P回路71及び81は、それぞれシリアル・パラレル変換を行い、サブキャリア毎に独立したN組のパラレル信号を出力する。図2の伝送路特性推定回路70の内部では、次に示すキャリア推定関数の値f及びCNR(キャリア対ノイズ比)推定関数の値pを計算する。

【数1】

$$f = \frac{\sum_{n=1}^{N-1} |C(n)| - |C(n+1)|}{\sum_{n=1}^N |C(n)|} \quad \dots (1)$$

$$p = \frac{\sum_{n=1}^N |C(n)|}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N |S(n, i) - C(n)|} \quad \dots (2)$$

C(n) : n番目のサブキャリアに対するキャリア信号(SG3)の成分

S(n, i) : n番目のサブキャリアのi番目のシンボルに対する変調信号除去信号(SG2)の成分

振幅計算回路72は、入力されるキャリア信号の大きさ又は振幅を求めるために、絶対値の計算あるいは二乗の計算を行う。これは、前記第(1)式のC(n)の絶対値を得ることに相当する。

【0080】各サブキャリア振幅総和回路74は、振幅計算回路72が输出するキャリア信号の振幅を全てのサブキャリアについて加算して振幅の総和を求める。これは、前記第(1)式の分母を計算することに相当する。サブキャリア間差分計算回路73は、振幅計算回路72が输出するキャリア信号の振幅について、互いに隣接するサブキャリア間の差分を求める。つまり、前記第(1)式のC(n)の絶対値とC(n+1)との絶対値との差分を計算する。

【0081】相関計算回路75は、サブキャリア間差分計算回路73が求めたサブキャリア毎の差分の大きさ又は振幅である相関を求めるために、入力信号の絶対値あるいは二乗を計算する。これは、前記第(1)式の(|C(n)| - |C(n+1)|)の絶対値を求めるに相当する。各サブキャリア相関総和回路76は、相関計算回路75が输出する相関値を全てのサブキャリアについて加算し総和を求める。これは、前記第(1)式の分母を計算することに相当する。

【0082】除算回路77は、各サブキャリア相関総和回路76が输出する信号の値を各サブキャリア振幅総和回路74が输出する信号の値で除算する。つまり、前記第(1)式の分母と分子との除算を行うに相当する。

受信信号-キャリア信号間差分計算回路83は、S/P回路81が输出する信号とS/P回路71が输出する信号との差分を計算する。これは、前記第(2)式の分母のS(n, i)とC(n)との差分を計算することに相当する。

【0083】誤差計算回路84は、受信信号-キャリア信号間差分計算回路83が输出する差分信号の大きさあるいは振幅を求めるために絶対値又は二乗の計算を行う。これは、前記第(2)式の分母の(S(n, i) - C(n))の絶対値を計算することに相当する。

【0084】各サブキャリア誤差総和回路85は、誤差計算回路84が输出する信号を全てのサブキャリアにつ

いて加算し総和を求める。これは、前記第(2)式の分母を計算することに相当する。除算回路86は、各サブキャリア振幅総和回路74が出力する信号の値を各サブキャリア誤差総和回路85が出力する信号の値で除算する。これは、前記第(2)式の分子と分母との除算に相当する。

【0085】前記第(1)式のキャリア相關関数の値 f が大きいことは、遅延スプレッドが大きいことを意味し、前記第(2)式のCNR推定関数の値 p が大きいことはCNRが大きいことを意味する。つまり、除算回路77が出力する値 f 及び除算回路86が出力する値 p は伝送路の特性を表している。従って、変調制御信号生成回路87においては除算回路77が出力する値 f 及び除算回路86が出力する値 p に基づいて望ましい変調条件を決定することができる。

【0086】実際には、各関数の値 f , p と変調条件との対応関係を定めた図4に示すような変調制御チャートの情報が変調制御信号生成回路87の内部メモリ(ROM)に保持されているので、この変調制御チャートに従って変調条件を決定する。この変調制御チャートは、

(PER(Packet Error Rate) = 1e-1) の拘束条件のもとで求められたものである。

【0087】図4の変調制御チャートにおいては、 p の値と f の値とで特定される二次元座標空間を予め4つの領域A, C, E, Gに区分しており、それぞれの領域に変調条件として変調方式(変調多値数)及び符号化率が割り当ててある。すなわち、推定した伝送路の特性を表す座標(p , f)が領域Aに属する場合にはBPSKの変調方式及び($R = 1/2$)の符号化率を選択し、座標(p , f)が領域Cに属する場合にはQPSKの変調方式及び($R = 1/2$)の符号化率を選択し、座標(p , f)が領域Eに属する場合には16QAMの変調方式及び($R = 1/2$)の符号化率を選択し、座標(p , f)が領域Gに属する場合には16QAMの変調方式及び($R = 3/4$)の符号化率を選択する。

【0088】従って、変調制御信号生成回路87は、推定した伝送路の特性を表す座標(p , f)が属する領域に応じて選択した変調方式及び符号化率を表す信号をSG7として出力する。ところで、図4に示す変調制御チャートを用いて制御する場合には、伝送路の状態が変化して座標(p , f)の属する領域が隣接する領域に移動すると、その変化が一時的な変化であったとしても、その変化が変調方式又は符号化率の変化として反映されることになる。

【0089】しかし、伝送路の特性が一時的に変化してすぐに元の特性に戻る場合には、一時的な変化に直ちに反応して変調方式又は符号化率を変更してもその変更を

取り消すことになるので無駄な変更が行われることになる。そこで、この形態では実際には図5に示す変調制御チャートを用いている。図5を参照すると、この変調制御チャートでは、領域Aと領域Cとの間に幅を有する中間領域Bが形成され、同様に領域Cと領域Eとの間に中間領域Dが形成され、領域Eと領域Gとの間に中間領域Fが形成されている。

【0090】図5の変調制御チャートを用いる場合には、推定した伝送路の特性を表す座標(p , f)が属する領域が中間領域に入ると、変調制御信号生成回路87は次のようにして変調条件を決定する。例えば、伝送路の特性が劣化して座標(p , f)の属する領域が領域Gから中間領域Fに遷移した場合、それ以降に送信する信号フレームのyフレームのうち最初のxフレーム(x , y は整数, $y > x$)については中間領域Fに隣接する領域E, Gのうち、伝送速度が速い方の変調条件が割り当てられた領域Gの条件を適用する。そして、続く($y - x$)フレームについては中間領域Fに隣接する領域E, Gのうち、伝送速度が遅い方の変調条件が割り当てられた領域Eの条件を適用する。

【0091】逆に、伝送路の特性が改善され、座標(p , f)の属する領域が領域Eから中間領域Fに遷移した場合、それ以降に送信する信号フレームのyフレームのうち最初のxフレームについては中間領域Fに隣接する領域E, Gのうち、伝送速度が遅い方の変調条件が割り当てられた領域Eの条件を適用する。そして、続く($y - x$)フレームについては中間領域Fに隣接する領域E, Gのうち、伝送速度が早い方の変調条件が割り当てられた領域Gの条件を適用する。

【0092】このように制御すると、中間領域では変調多値数及び符号化率を変えるのはyフレームに1回に制限されるので、無駄な変調条件の切り替えが生じにくく。なお、図1の例では伝送路特性推定回路70が選択した変調条件に従って送信部101の変調を実際に切り替える場合を示してあるが、例えば相手側(この例では無線基地局)が送信する信号の変調条件を切り替えるための要求信号として、伝送路特性推定回路70が選択した変調条件の情報を送信するように変更することもできる。

【0093】また、図5に示す変調制御チャートの内容については必要に応じて変更すればよい。変調多値数や符号化率だけでなく、シンボルレートなど他のパラメータを変更する場合にも同様に本発明は適用できる。なお、前記第(1)式及び第(2)式の代わりに、次に示す第(3)式及び第(4)式を用いても良い。

【数2】

$$f = \frac{\sum_{n=1}^{N-1} |C(n)|^2 - |C(n+1)|^2}{\sum_{n=1}^N |C(n)|^2} \quad \dots (3)$$

$$p = \frac{\sum_{n=1}^N |C(n)|^2}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N |S(n,i) - C(n)|^2} \quad \dots (4)$$

$C(n)$: n番目のサブキャリアに対するキャリア信号(SG3)の成分

$S(n,i)$: n番目のサブキャリアの i番目のシンボルに対する変調信号除去信号(SG2)の成分

これらの式を用いる場合には、図2に示す伝送路特性推定回路の構成を次のように変更すればよい。振幅計算回路72の代わりに電力を計算する回路を用いる。つまり、前記第(3)式及び第(4)式に対応するように入力信号の振幅の自乗を計算する。また、各サブキャリア振幅総和回路74では、振幅の総和ではなく電力の総和を計算することになる。

【0094】(第2の実施の形態) 本発明のOFDM変調回路のもう1つの実施の形態について、図6及び図7を参照して説明する。この形態は請求項5～請求項8、請求項16及び請求項17に対応する。図6はこの形態のOFDM変調回路の構成を示すブロック図である。図7はこの形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。この形態は第1の実施の形態の変形例である。図6及び図7において、第1の実施の形態と対応する要素は同一の符号で示してある。また、想定しているOFDM信号のフォーマットについても図3と同一である。以下の説明において、既に説明した要素の説明は省略する。

【0095】この形態では、請求項5及び請求項6の受信回路、雑音除去回路、高速フーリエ変換回路、受信データ抽出回路、変調成分除去回路及び伝送路特性推定回路は、それぞれ受信回路40B、ローパスフィルタ45、FFT回路50、変調信号検出回路67、変調成分除去回路63及び伝送路特性推定回路70Bに対応する。また、請求項6の適応変調回路、逆高速フーリエ変換回路及び送信回路は、それぞれ適応変調回路10、IFFT回路20及び送信回路30に対応する。

【0096】また、請求項8の振幅計算回路、各サブキャリア振幅総和回路、サブキャリア間差分計算回路、相関計算回路、各サブキャリア相関総和回路、第1の除算回路、平均回路、遅延回路、差分計算回路、誤差計算回路、誤差総和回路、第2の除算回路及び変調方式判定回路は、それぞれ振幅計算回路72、各サブキャリア振幅総和回路74、サブキャリア間差分計算回路73、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76、除算回路77、平均回路92、遅延回路91、差分計算回路

93、誤差計算回路94、誤差総和回路95、除算回路86及び変調制御信号生成回路87に対応する。

【0097】図6を参照すると、このOFDM変調回路には送信部101及び受信部102が備わっている。送信部101の構成は図1と同一である。受信部102には、受信回路40B、ローパスフィルタ45、FFT回路50、検波回路60及び伝送路特性推定回路70Bが備わっている。

【0098】伝送路から電波として入力される信号は、受信回路40Bで受信される。受信回路40Bは、受信信号をベースバンド信号に変換して出力する。また、受信回路40Bはこのベースバンド信号に対してガードインターバル除去などの処理を施す。受信回路40Bは、受信した信号のプリアンブル区間とそれ以外の区間とを区別し、プリアンブル区間について、そのベースバンド信号を信号SG8として伝送路特性推定回路70Bに出力する。

【0099】受信回路40Bが出力するベースバンド信号は、プリアンブル区間についてはローパスフィルタ45を通ってFFT回路50に印加され、プリアンブル以外の区間では直接FFT回路50に印加される。このベースバンド信号は、FFT回路50でフーリエ変換された後、検波回路60で検波され、受信データとして出力される。

【0100】ローパスフィルタ45は、受信信号のプリアンブル区間に含まれる雑音成分を除去するために信号の平滑化を行う。実際には、ベースバンド信号の任意の位置の信号成分と、その信号成分からFFT回路50におけるフーリエ変換のポイント数に相当する間隔だけシフトした位置の信号成分との間で平滑化を行う。これにより、プリアンブル以外の雑音成分が除去される。

【0101】FFT回路50でフーリエ変換された信号は、S/P回路61でサブキャリア毎のパラレル信号に変換され、遅延回路62及び変調成分除去回路63に入力される。遅延回路62によって遅延された信号は変調信号検出回路67に入力される。変調信号検出回路67は、遅延回路62から出力される信号を変調成分除去回

路63から出力される信号SG3を用いてサブキャリア毎に同期検波する。遅延回路62は、変調成分除去回路63から出力される信号SG3の時間遅れを補償するために設けてある。

【0102】変調信号検出回路67から検波出力として出力されるパラレル信号SG4は、P/S回路68で時系列に並んだシリアル信号に変換され、受信データとして出力される。変調成分除去回路63は、受信信号にプリアンブルP.R.Eが現れる区間でS/P回路61が出力する信号を入力し、変調成分を除去した信号SG3を生成する。具体的には、変調成分除去回路63が予め保持している既知信号(プリアンブルP.R.Eと同じ信号)を用いてサブキャリアの成分毎に受信信号の逆変調を行う。逆変調によって、変調成分が除去された信号SG3が得られる。

【0103】変調成分除去回路63に入力される信号のプリアンブル区間では、既にローパスフィルタ45で平滑化が施されているので、図6の変調成分除去回路63が出力する信号SG3は、図1の信号SG3と同一になる。信号SG3は、受信したOFDM信号のサブキャリア数に対応するN組のサブキャリア毎のパラレル信号である。この信号SG3は、P/S回路66で時系列で並んだシリアル信号に変換され、信号SG6として伝送路特性推定回路70Bに入力される。

【0104】伝送路特性推定回路70Bは、受信信号のプリアンブル区間の成分から生成された信号SG8、SG6に基づいて伝送路の特性を推定し、その特性に適した変調方式を選択するための制御信号SG7を出力する。伝送路特性推定回路70Bは、図7に示すように、S/P回路71、振幅計算回路72、サブキャリア間差分計算回路73、各サブキャリア振幅総和回路74、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76、除算回路77、遅延回路91、平均回路92、差分計算回路93、誤差計算回路94、誤差総和回路95、除算回路86及び変調制御信号生成回路87が備わっている。

【0105】この伝送路特性推定回路70Bは、前述のキャリア推定関数の値fと、次の第(5)式で表されるCNR推定関数の値p'を計算する。なお、この例ではプリアンブル数は2シンボルである。

【数3】

$$p' = \frac{\sum_{n=1}^N |C(n)|}{\sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N |r(n,i)| - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 |r(n,j)|} \quad \dots (5)$$

$r(n,i)$: n番目のサブキャリアのi番目のシンボルに対する受信信号(SG8)の成分

$r(n,j)$: n番目のサブキャリアのj番目のシンボルに対する受信信号(SG8)の成分

NF : FFTポイント数

図7の伝送路特性推定回路70Bにおいて、キャリア推

定関数の値fを計算する回路については図2の場合と同一である。また、第(5)式の分子の値は図2の場合と同様に、各サブキャリア振幅総和回路74の出力に得られる。

【0106】平均回路92は、受信信号SG8の2シンボルの平均、すなわち第(5)式の分母に含まれる $((1/2) \sum r(n,j))$ を計算する。遅延回路91は、平均回路92における処理時間に相当する遅延を受信信号SG8($r(n,i)$)に与える。差分計算回路93は、遅延回路91が出力する信号と平均回路92が出力する信号との差分を計算する。

【0107】誤差計算回路94は、差分計算回路93が出力する信号の絶対値もしくは二乗値の計算を行う。誤差総和回路95は、誤差計算回路94が出力する信号を2シンボルのプリアンブルの全区間で加算しその総和を求める。その計算結果は前記第(5)式の分母に相当する。除算回路86は、各サブキャリア振幅総和回路74が出力する信号の値(第(5)式の分子)を誤差総和回路95が出力する信号の値(第(5)式の分母)で除算する。従って、第(5)式のp'の値が除算回路86の出力に得られる。なお、第(5)式の代わりに前述の第(4)式に示すような電力の計算を行ってもよい。

【0108】変調制御信号生成回路87は、第1の実施の形態と同様に除算回路77が出力する値f及び除算回路86が出力する値p'に基づいて望ましい変調条件を決定する。

(第3の実施の形態) 本発明のもう1つの実施の形態について、図8及び図9を参照して説明する。この形態は請求項1～請求項4、請求項9、請求項11、請求項16及び請求項17に対応する。

【0109】この形態では、請求項9の比較選択回路、振幅計算回路、各サブキャリア振幅総和回路、サブキャリア間差分計算回路、相関計算回路、各サブキャリア相関総和回路及び第1の除算回路は、それぞれ比較選択回路78、振幅計算回路72、各サブキャリア振幅総和回路74、サブキャリア間差分計算回路73、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76及び除算回路77に対応する。

【0110】また、請求項11の比較選択回路、選択回路、受信信号-キャリア信号間差分計算回路、誤差計算回路、各サブキャリア誤差総和回路及び第2の除算回路は、それぞれ比較選択回路78、選択回路82、受信信号-キャリア信号間差分計算回路83、誤差計算回路84、各サブキャリア誤差総和回路85及び除算回路86に対応する。

【0111】図8はこの形態のOFDM復調回路の構成を示すブロック図である。図9はこの形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。この形態は第1の実施の形態の変形例である。図8、図9において、第1の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて

示してある。なお、図8においては図1の送信部101の記載が省略されている。以下の説明において、既に説明した要素の説明は省略する。

【0112】この形態は、2系統の受信信号が伝送路からそれぞれ入力される場合を想定している。例えば、ダイバーシティアンテナのように複数のアンテナからの受信信号が並列に入力される場合にこの形態を適用できる。そのため、図8に示すように受信回路40、FFT回路50及び検波回路60がそれぞれ2つ設けてある。受信回路40、FFT回路50、検波回路60の各々の構成及び動作は図1の場合と同一である。

【0113】伝送路特性推定回路70Cには、一方の検波回路60(1)が出力する信号SG5、SG6と、他方の検波回路60(2)が出力する信号SG5'、SG6'がそれぞれ入力される。伝送路特性推定回路70Cには、図9に示すように、比較選択回路78、S/P回路71、振幅計算回路72、サブキャリア間差分計算回路73、各サブキャリア振幅総和回路74、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76、除算回路77、選択回路82、S/P回路81、受信信号ーキャリア信号間差分計算回路83、誤差計算回路84、各サブキャリア誤差総和回路85、除算回路86及び変調制御信号生成回路87が備わっている。

【0114】比較選択回路78の入力には、2つの検波回路60(1)、60(2)からの信号SG6、SG6'がそれぞれ入力される。比較選択回路78は、入力される2系統の信号SG6、SG6'の振幅又は電力をサブキャリア毎に比較し、大きい方の信号を選択してS/P回路71に出力する。また、比較選択回路78は、2系統の信号SG6、SG6'のいずれを選択したかを示す情報を選択情報信号SG9として出力する。

【0115】一方、選択回路82の入力には、2つの検波回路60(1)、60(2)からの信号SG5、SG5'がそれぞれ入力される。選択回路82は、比較選択回路78からの選択情報信号SG9に従って、2つの信号SG5、SG5'のいずれか一方を選択しS/P回路81に出力する。図9の伝送路特性推定回路70Cの構成及び動作は、比較選択回路78及び選択回路82が付加された他は図2の伝送路特性推定回路70と同一である。従って、第1の実施の形態と同様に、変調方式及び符号化率を選択するための制御信号SG7を生成できる。

【0116】(第4の実施の形態)本発明のもう1つの実施の形態について、図8及び図10を参照して説明する。この形態は請求項1～請求項4、請求項10、請求項12、請求項16及び請求項17に対応する。

【0117】この形態では、請求項10の加算振幅計算回路、各サブキャリア振幅総和回路、サブキャリア間差分計算回路、相関計算回路、各サブキャリア相関総和回路及び第1の除算回路は、それぞれ加算振幅計算回路72B、各サブキャリア振幅総和回路74、サブキャリア

間差分計算回路73、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76及び除算回路77に対応する。

【0118】また、請求項12の受信信号ーキャリア信号間差分計算回路、誤差計算回路、各サブキャリア誤差総和回路及び第2の除算回路は、それぞれ受信信号ーキャリア信号間差分計算回路83、誤差計算回路84、各サブキャリア誤差総和回路85B及び除算回路86に対応する。図10はこの形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。この形態は、第1の実施の形態及び第3の実施の形態の変形例であり、OFDM復調回路の構成は既に説明した図8と同一である。但し、伝送路特性推定回路70Cの構成は図10に示すように変更されている。図10において、第1の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。以下の説明において、既に説明した要素の説明は省略する。

【0119】伝送路特性推定回路70Cには、一方の検波回路60(1)が出力する信号SG5、SG6と、他方の検波回路60(2)が出力する信号SG5'、SG6'がそれぞれ入力される。この形態では、伝送路特性推定回路70Cには、図10に示すようにそれぞれ2組のS/P回路71、S/P回路81、受信信号ーキャリア信号間差分計算回路83及び誤差計算回路84と、加算振幅計算回路72B、サブキャリア間差分計算回路73、各サブキャリア振幅総和回路74、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76、除算回路77、各サブキャリア誤差総和回路85B、除算回路86及び変調制御信号生成回路87が備わっている。

【0120】2組の信号SG6、SG6'は、それぞれS/P回路71(1)、71(2)でパラレル信号に変換され、加算振幅計算回路72Bの入力及び受信信号ーキャリア信号間差分計算回路83の入力に印加される。加算振幅計算回路72Bは、入力される2系統の信号SG6、SG6'の振幅又は電力を計算するとともに、サブキャリア毎に、信号SG6の振幅又は電力と信号SG6'の振幅又は電力を加算する。

【0121】また、2組の信号SG5、SG5'は、それぞれS/P回路81(1)、81(2)でパラレル信号に変換され、受信信号ーキャリア信号間差分計算回路83の入力に印加される。2組の受信信号ーキャリア信号間差分計算回路83及び2組の誤差計算回路84の構成及び動作は、図2と同一である。各サブキャリア誤差総和回路85Bは、誤差計算回路84(1)、84(2)がそれぞれ出力するサブキャリア毎の信号を2シンボルのブリアンブルの全区間で加算して誤差を求めるとともに、誤差計算回路84(1)からの信号について得られた誤差と誤差計算回路84(2)からの信号について得られた誤差とを加算し、誤差の総和を求める。

【0122】図10の除算回路77、除算回路86及び変調制御信号生成回路87の動作は、図2の場合と同一である。従って、第1の実施の形態と同様に、変調方式

及び符号化率を選択するための制御信号SG7を生成できる。

(第5の実施の形態) 本発明のもう1つの実施の形態について、図11及び図12を参照して説明する。この形態は請求項5～請求項7、請求項9、請求項13、請求項14、請求項16及び請求項17に対応する。

【0123】この形態では、請求項13の平均回路、遅延回路、差分計算回路、誤差計算回路、誤差総和回路、信号平均回路及び第2の除算回路は、それぞれ平均回路92、遅延回路91、差分計算回路93、誤差計算回路94、誤差総和回路95、信号平均回路96及び除算回路86に対応する。図11はこの形態のOFDM復調回路の構成を示すブロック図である。図12はこの形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。この形態は第2の実施の形態の変形例である。図11、図12において、第2の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。なお、図11においては図6の送信部101の記載が省略されている。以下の説明において、既に説明した要素の説明は省略する。

【0124】この形態は、2系統の受信信号が伝送路からそれぞれ入力される場合を想定している。例えば、ダイバーシティアンテナのように複数のアンテナからの受信信号が並列に入力される場合にこの形態を適用できる。そのため、図11に示すように受信回路40、FFT回路50及び検波回路60がそれぞれ2つ設けてある。受信回路40、ローパスフィルタ45、FFT回路50、検波回路60の各々の構成及び動作は図6の場合と同一である。

【0125】伝送路特性推定回路70Dには、一方の検波回路60(1)が出力する信号SG8、SG6と、他方の検波回路60(2)が出力する信号SG8'、SG6'がそれぞれ入力される。伝送路特性推定回路70Dには、図12に示すように、比較選択回路78、S/P回路71、振幅計算回路72、サブキャリア間差分計算回路73、各サブキャリア振幅総和回路74、相関計算回路75、各サブキャリア相関総和回路76、除算回路77と、それぞれ2組の平均回路92、遅延回路91、差分計算回路93、誤差計算回路94、誤差総和回路95と、信号平均回路96、除算回路86、変調制御信号生成回路87とが備わっている。

【0126】比較選択回路78の入力には、2つの検波回路60(1)、60(2)からの信号SG6、SG6'がそれぞれ入力される。比較選択回路78は、入力される2系統の信号SG6、SG6'の振幅又は電力をサブキャリア毎に比較し、大きい方の信号を選択してS/P回路71に出力する。2組の平均回路92、遅延回路91、差分計算回路93、誤差計算回路94及び各サブキャリア誤差総和回路85の構成及び動作は、図7の場合と同一である。信号平均回路96は、2つの誤差総和回路95(1)、95(2)から出力される2つの信号の平均を計算

しその計算結果を出力する。また、信号平均回路96は平均を計算する際に、誤差総和回路95(1)からの信号と誤差総和回路95(2)からの信号とにそれぞれ独立した重み付けを行う。

【0127】図12の除算回路77、除算回路86及び変調制御信号生成回路87の動作は、図7の場合と同一である。従って、第2の実施の形態と同様に、変調方式及び符号化率を選択するための制御信号SG7を生成できる。

(第6の実施の形態) 本発明のもう1つの実施の形態について、図11及び図13を参照して説明する。この形態は請求項5～請求項7、請求項9、請求項15～請求項17に対応する。

【0128】この形態では、請求項15の平均回路、遅延回路、差分計算回路、誤差計算回路、誤差総和回路、信号選択回路及び第2の除算回路は、それぞれ平均回路92、遅延回路91、差分計算回路93、誤差計算回路94、誤差総和回路95、信号選択回路97及び除算回路86に対応する。図13はこの形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。この形態は第5の実施の形態の変形例である。図13において、図12と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。以下の説明において、既に説明した要素の説明は省略する。

【0129】この形態のOFDM復調回路は、第5の実施の形態と同様に図11のように構成されている。ただし、伝送路特性推定回路70Dの構成は図13のように変更されている。図13においては、図12の信号平均回路96の代わりに信号選択回路97が設けてある。信号選択回路97は、誤差総和回路95(1)から入力される信号と、誤差総和回路95(2)から入力される信号とを比較し、大きい方の信号を選択して除算回路86に出力する。

【0130】図13の除算回路77、除算回路86及び変調制御信号生成回路87の動作は、図7の場合と同一である。従って、第2の実施の形態と同様に、変調方式及び符号化率を選択するための制御信号SG7を生成できる。

【0131】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、OFDM信号を扱う場合に時間領域で既知なプリアンブルを伝送することなく伝送路の特性を推定できる。このため、伝送効率の低下を避けることができ、既存のシステムにも適応変調方式を採用することが可能になる。

【0132】検波のために利用する信号を用いて伝送路の特性を推定することにより、回路構成の複雑化あるいは処理量の増大を避けることができる。さらに、伝送路の特性が変化した場合に自動的に送信側の変調条件を変更する場合には、変調条件を切り替えるための要求信号をバースト毎に送信する必要がなく、伝送効率の低下を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態のOFDM変復調回路の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施の形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。

【図3】第1の実施の形態の信号の構成を示すタイムチャートである。

【図4】伝送路の特性と変調条件との対応(1)を示す変調制御チャートである。

【図5】伝送路の特性と変調条件との対応(2)を示す変調制御チャートである。

【図6】第2の実施の形態のOFDM変復調回路の構成を示すブロック図である。

【図7】第2の実施の形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。

【図8】第3の実施の形態及び第4の実施の形態のOFDM復調回路の構成を示すブロック図である。

【図9】第3の実施の形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。

【図10】第4の実施の形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。

【図11】第5の実施の形態及び第6の実施の形態のOFDM復調回路の構成を示すブロック図である。

【図12】第5の実施の形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。

【図13】第6の実施の形態の伝送路特性推定回路の構成を示すブロック図である。

【図14】従来例の通信端末の主要部の構成を示すブロック図である。

【図15】従来例の信号の構成を示すタイムチャートである。

【図16】従来例の変調制御チャートである。

【符号の説明】

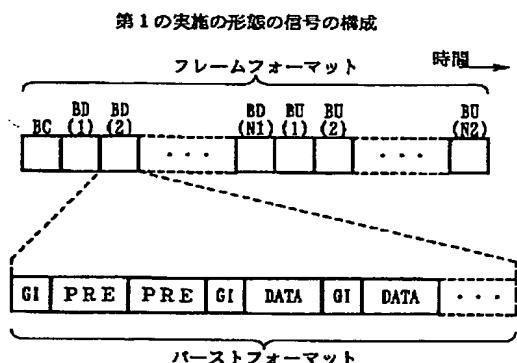
10 適応変調回路

20 IFFT回路

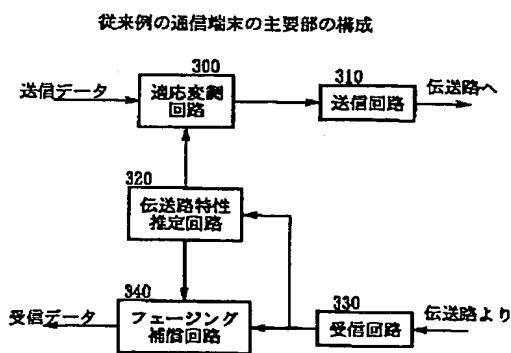
30 送信回路

40, 40B 受信回路
 45 ローパスフィルタ
 50 FFT回路
 60 検波回路
 61 S/P回路
 62 遅延回路
 63 変調成分除去回路
 64, 66, 68 P/S回路
 65 ローパスフィルタ
 67 変調信号検出回路
 70, 70B, 70C, 70D 伝送路特性推定回路
 71, 81 S/P回路
 72 振幅計算回路
 72B 加算振幅計算回路
 73 サブキャリア間差分計算回路
 74 各サブキャリア振幅総和回路
 75 相関計算回路
 76 各サブキャリア相関総和回路
 77, 86 除算回路
 78 比較選択回路
 81 S/P回路
 82 選択回路
 83 受信信号-キャリア信号間差分計算回路
 84 誤差計算回路
 85, 85B 各サブキャリア誤差総和回路
 87 変調制御信号生成回路
 91 遅延回路
 92 平均回路
 93 差分計算回路
 94 誤差計算回路
 95 誤差総和回路
 96 信号平均回路
 97 信号選択回路
 101 送信部
 102 受信部

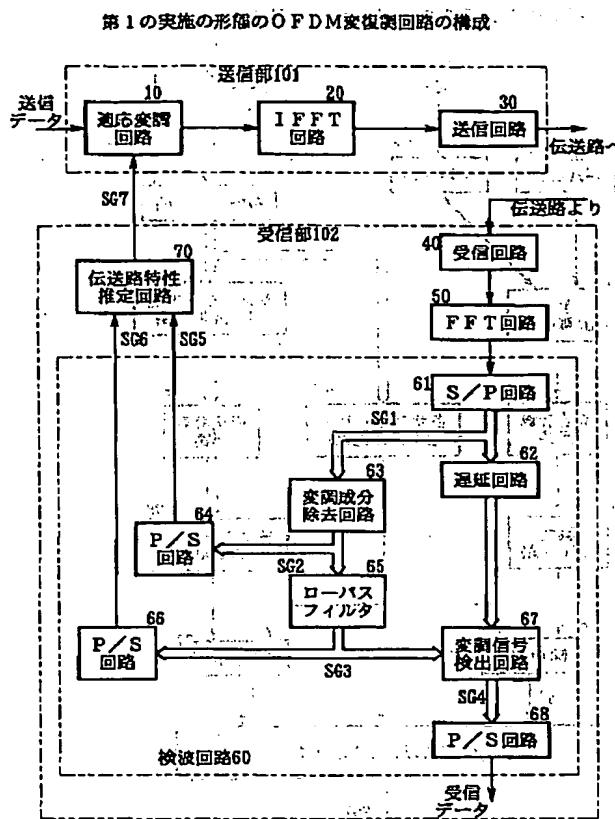
【図3】



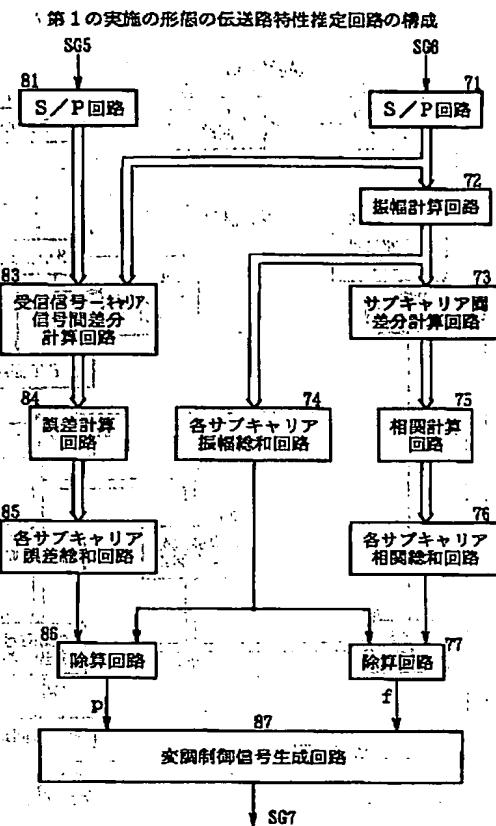
【図14】



【図1】

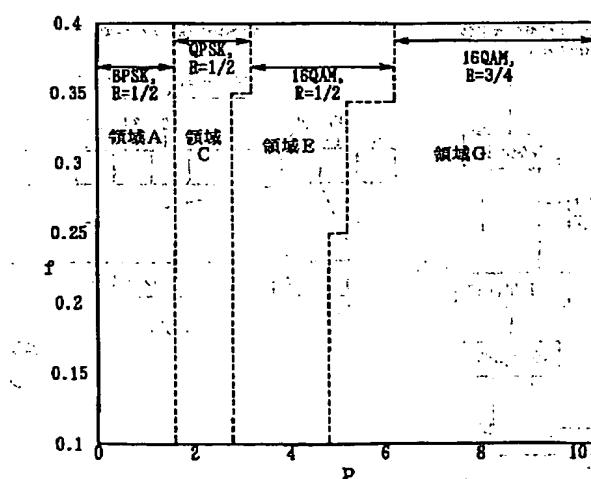


【図2】



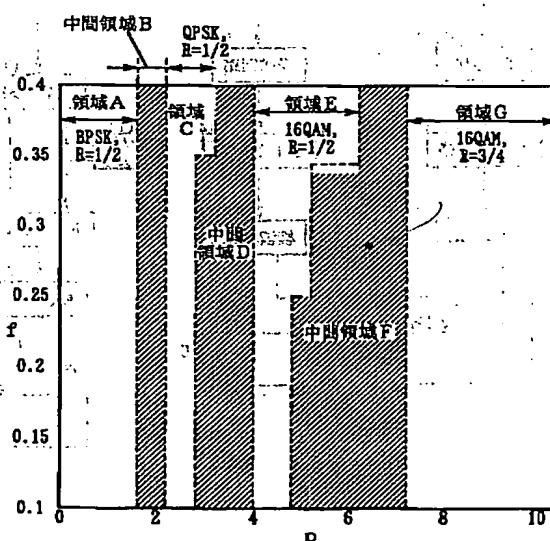
【図4】

伝送路の特性と変調条件との対応(1)

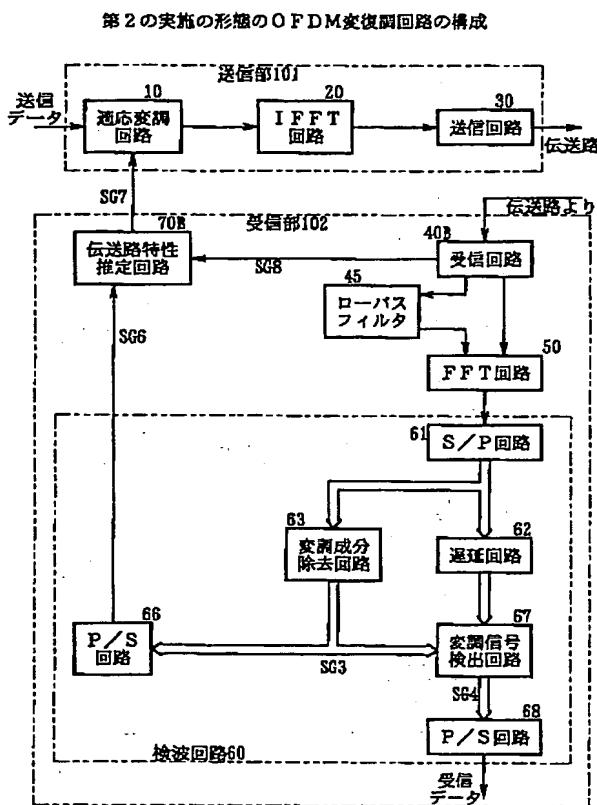


【図5】

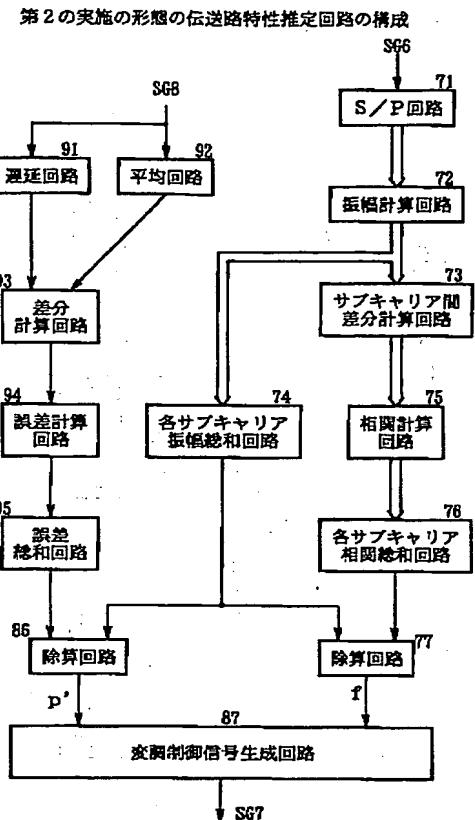
伝送路の特性と変調条件との対応(2)



【図6】

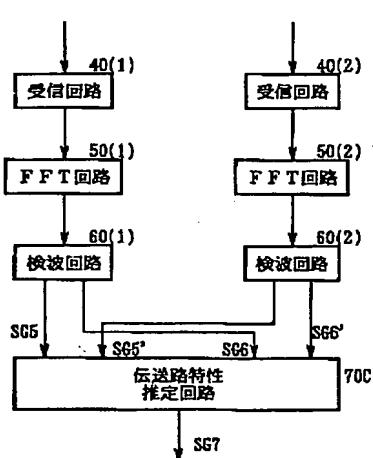


【図7】



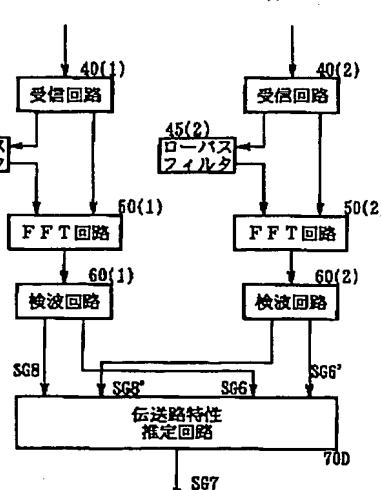
【図8】

第3の実施の形態及び第4の実施の形態のOFDM復調回路の構成



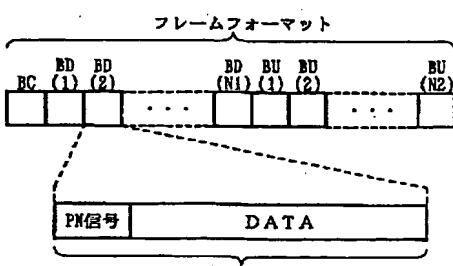
【図11】

第5の実施の形態及び第6の実施の形態のOFDM復調回路の構成

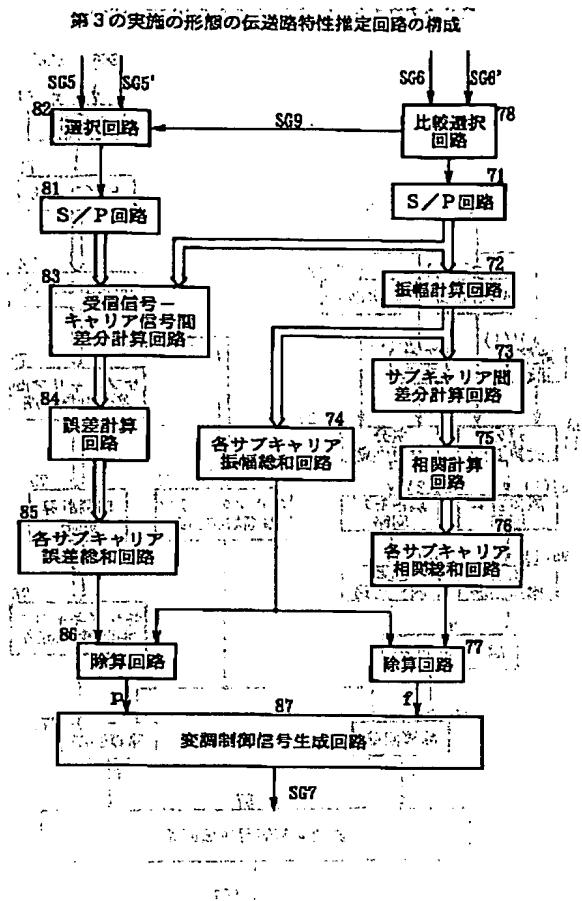


【図15】

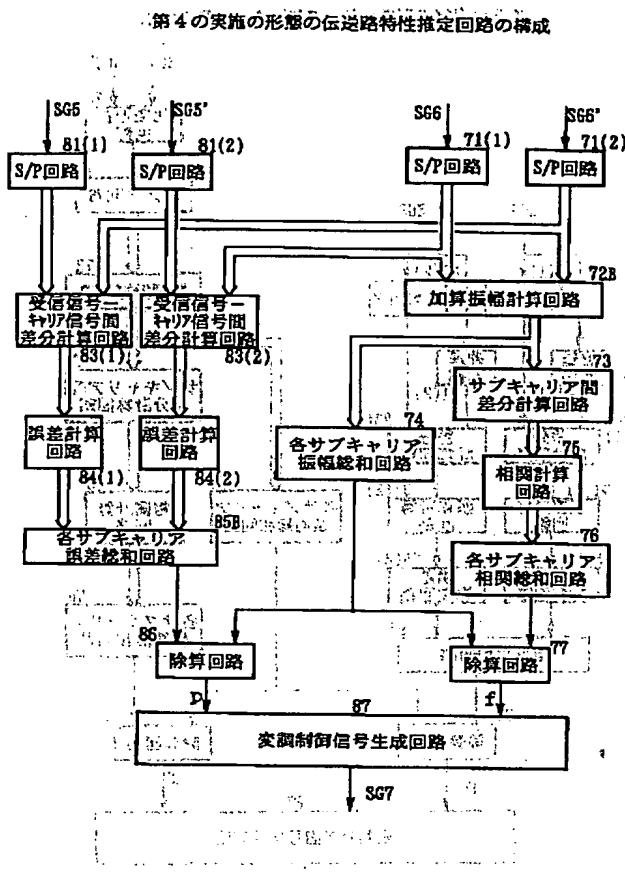
従来例の信号の構成



【図9】

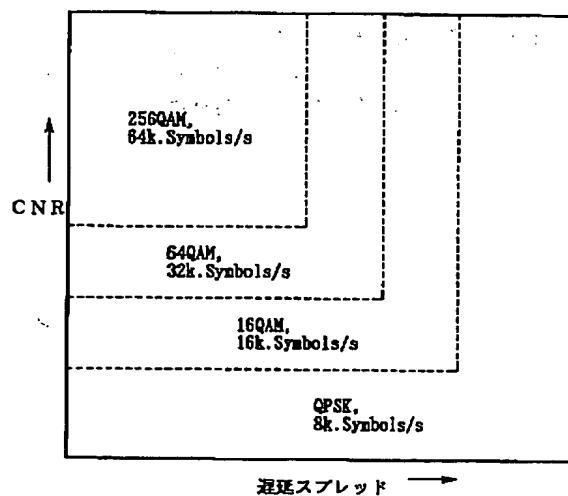


【図10】

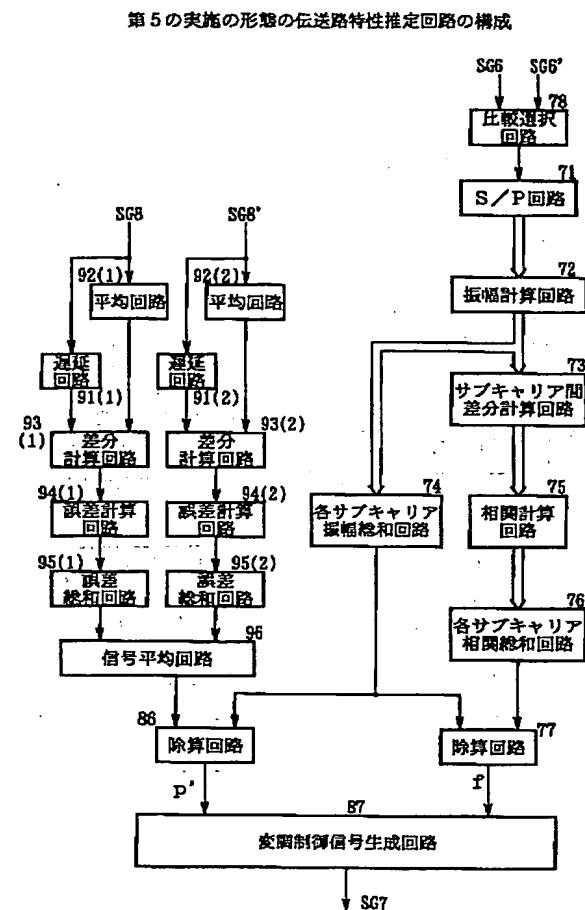


【図16】

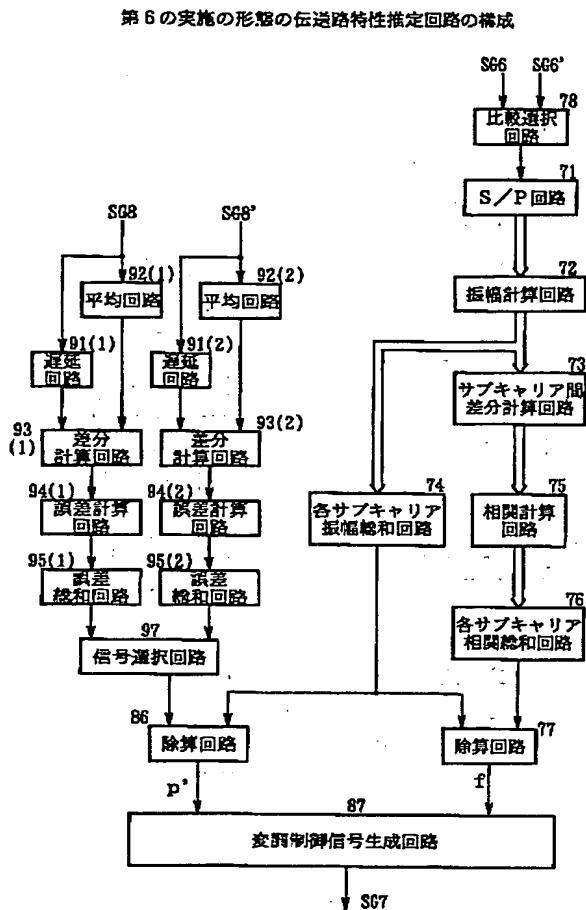
従来例の変調制御チャート



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 望月 伸晃
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 梅比良 正弘
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内